

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-209306
(43)Date of publication of application : 11.08.1995

(51)Int.Cl. G01N 37/00
C23F 4/00

(21)Application number : 06-315401 (71)Applicant : AT & T CORP
(22)Date of filing : 20.12.1994 (72)Inventor : MARCHMAN HERSCHEL M

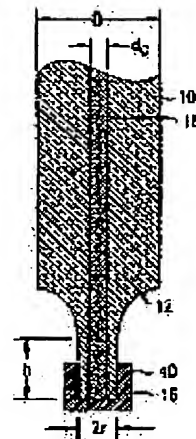
(30)Priority
Priority number : 93 173292 Priority date : 22.12.1993 Priority country : US

(54) MANUFACTURE OF FIBER PROBE DEVICE USING PATTERNED REACTIVE ION ETCHING

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a fiber probe device which uses patterned reactive ion etching by coating at least the whole surface of the cut end face with a protective photo-resist layer.

CONSTITUTION: An optical fiber part has a core part 18, and its upper part 10 having a relatively large thickness in a columnar shape of a diameter D continues to the middle part 12 in a columnar shape with the diameter reducing toward the tip to terminate at a relatively thin undermost part in a straight columnar shape of a diameter $2r$. By a fiber cutter, the bottom surface of this under-part is cut in a plane perpendicular to the lower common shaft and the upper part 10. The lower surface of the fiber portion is enclosed with a photo-resist layer 40, and in case this is negative, the circular masking layer of photo-resist remains in the core part after the developing process - in the case of positive, an opening part is formed in the core part by light after the development. Then an anisotropic etching is conducted with plasma, and the fiber is again immersed in the etching solution, and etching is continued until the width of the column undermost part becomes the desired final tip width.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3276792

[Date of registration] 08.02.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7 - 2 0 9 3 0 8

(43) 公開日 平成 7 年 (1995) 8 月 11 日

(51) Int. Cl. ⁰

G01N 37/00

C23F 4/00

識別記号

A

庁内整理番号

C 8417-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平 6 - 3 1 5 4 0 1
(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 12 月 20 日
(31) 優先権主張番号 1 7 3 2 9 2
(32) 優先日 1993 年 12 月 22 日
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

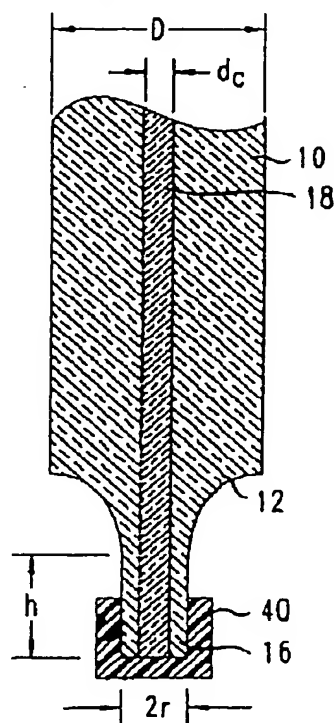
(71) 出願人 3 9 0 0 3 5 4 9 3
エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション
AT&T CORP.
アメリカ合衆国 1 0 0 1 3 - 2 4 1 2
ニューヨーク ニューヨーク アヴェニュー
オブ ジ アメリカズ 3 2
(72) 発明者 ハーシェル マクリーン マーチマン
アメリカ合衆国 0 7 9 7 4 ニュージャ
ーシー, ニュープロヴィデンス, アパート
メント デー, ゲイルズ ドライヴ 1 1
3
(74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 パターン化反応イオンエッチングを用いたファイバースロープ装置の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、パターン化反応イオンエッチングを用いたファイバースロープ装置の製造方法に関する。

【構成】 ファイバースロープは被覆光ファイバー部分により形成されており、内部コア部分 (18) と、ファイバー部分の下部に等方性を有したエッチングを施し、引き続きその結果としてエッチングが施された下部を切断することによって生じる、外部被覆部分 (10) とを有している。ファイバーに生じた切断末端面は後にパターン化される保護層 (40) により覆われ、ファイバーコア (18) に伝わる光放射線への露光によってパターン保護層 (42) を形成し、引き続いて現像される。このように、パターン保護層によってマスクされたプラズマエッチングは、切断末端面の近傍で所望の被覆高さ (h) 分だけ取り除く。結局、ファイバー下部はさらなるエッチングを施され、最終的に先端幅を要求値 (w) まで減じる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パターン化反応イオンエッチングを用いたファイバースロープ装置（図 6）の製造方法において、（a）内部円柱コア部分（図 2 の 1 8）と、外部被覆部分（1 0）とを有したファイバー部分を提供し、内部部分は、工程（e）に記載される光学的放射線を制限する導波特性を有しており、工程（f）に記載されるパターン化ホトレジスト層（4 2）を限定する工程と、

（b）第一の所定時間の間、ファイバーの下部をエッチングすることにより、ファイバーより薄い下部円柱部分（1 4）が残留する工程と、（c）このファイバー部分より薄い下部円柱部分を切断することにより、切断端面を有した切断された薄い下部円柱部分（1 6）が形成される工程と、（d）切断した末端面の少なくとも表面全体を保護ホトレジスト層（4 0）でコーティングする工程と、（e）光放射線をファイバーのコア部分に連結することにより、光放射線がコア部分に伝わり、切断末端面のファイバーコア部分を覆っている保護ホトレジスト層部分上に入射する工程と、（f）保護ホトレジスト層を現像することにより、ホトレジスト層が、切断末端面に位置したコア部分を覆うパターン化ホトレジストマスキング層（4 2）となる工程と、（g）第二の所定時間の間、異方性を有するドライエッチングを切断末端面に行うことにより、切断した末端面に位置するコア部分の、少なくとも一部分（1 9）の高さが変わらないうちに、切断末端面に近接する被覆部分素材の所定の高さ

（h）分が取り除かれる工程と、（h）第三の所定時間の間、ファイバー部分の少なくとも切断した薄い下部のコア部分に基本的に等方性を有するエッチングを施すことにより、所定の最大幅（w）を有した先端部分が、切断した薄い下部円柱部分に形成される工程とを有することを特徴とするパターン化反応イオンエッチングを用いたブロープ装置の製造方法。

【請求項 2】 工程（b）のエッチングがウエットエッチングであることを特徴とする請求項 1 記載のパターン化反応イオンエッチングを用いたブロープ装置の製造方法。

【請求項 3】 工程（h）のエッチングがウエットエッチングであることを特徴とする請求項 1 記載のパターン化反応イオンエッチングを用いたブロープ装置の製造方法。

【請求項 4】 工程（b）と工程（c）間に、ファイバ一下部の長さよりも短い所定の長さを有した最下部分をさらにエッチングするという工程を有することを特徴とする請求項 1 記載のパターン化反応イオンエッチングを用いたブロープ装置の製造方法。

【請求項 5】 最下部分の所定の長さが約 $4 \mu\text{m}$ から $2,000 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 4 記載のパターン化反応イオンエッチングを用いたブロープ装置の製造方法。

【請求項 6】 最下部分の所定の長さが約 $50 \mu\text{m}$ から $500 \mu\text{m}$ の範囲であることを特徴とする請求項 4 記載のパターン化反応イオンエッチングを用いたブロープ装置の製造方法。

【請求項 7】 所定の最大幅が約 $0.05 \mu\text{m}$ から $0.5 \mu\text{m}$ の範囲であることを特徴とする請求項 1 または請求項 4 記載のパターン化反応イオンエッチングを用いたブロープ装置の製造方法。

【請求項 8】 所定の最大幅が約 $0.05 \mu\text{m}$ から $0.2 \mu\text{m}$ の範囲であることを特徴とする請求項 1 または請求項 4 記載のパターン化反応イオンエッチングを用いたブロープ装置の製造方法。

【請求項 9】 先端部分の長さが約 $0.01 \mu\text{m}$ から $10 \mu\text{m}$ の範囲であることを特徴とする請求項 1 または請求項 4 記載のパターン化反応イオンエッチングを用いたブロープ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、パターン化反応イオンエッチングを用いたファイバースロープ装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】100 年以上前、有名な物理学者であるアーネスト・アッペは、光や他の放射線を焦点に合わせる画像システムにおいてレンズやレンズシステムに依存する顕微鏡の根本的限界について記述している。すなわち、回折は放射線の波長約 $1/2$ よりも小サイズである画像の細部を曖昧にする（不明瞭にする）といったことである。サイエンティフィックアメリカ 261 巻の No. 4 に 98 ページから 105 ページに渡って発表された H. Kumer Wickramasinghe の「走査ブロープ顕微鏡」（1989 年 10 月）を参照方。すなわち、顕微鏡の解像度は放射線の波長によって制限されるということである。この限界を克服するため、研究者たちは、とりわけ様々なタイプの画像ブロープの使用法を発明してきた。走査型トンネル顕微鏡（以下「STM」とする）装置、原子間力顕微鏡（以下「AFM」とする）装置、近傍走査型光顕微鏡（以下「NSOM」とする）等がブロープ顕微鏡における異なるタイプの例である。

【0003】STM においては、導電サンプルの表面十分近くに金属ブロープが置かれており、トンネル電流が発生している。この電流の大きさは、先端とサンプル間の距離で決定する。（すなわち、サンプル表面の位相構造による。）原子レベルの解像画像を達成するために、先端は、先端とサンプル間、数オングストローム離れた位置でサンプルボディの（変則）表面を横切って走査出来る。トンネル電流、そしてこの先端とサンプル間の距離は、電気機械的フィードバックサーボ機構により感知され、制御される。AFM においては、原子間力（短距

離斥力、長距離引力のどちらか) がトンネル電流の代わりに探知されるという点を除いて、STMと類似の方法で画像が造られる。この技術の明白な長所は、先端とサンプルが伝導性を有している必要がなく、あらゆる素材が原子間力を発揮するという点である。

【0004】NSOM装置は、一般的に細長い光プローブの先端部に開口部分を有し、この開口部分は使用されている光放射線の波長よりもほぼ小さい(最大)寸法を有している。装置が作動中、プローブはサンプルポディ表面のごく近接に位置している。プローブの開口部分

【0005】

【発明が解決しようとする課題】例えば、米国特許No. 4, 604, 520に、とりわけ、金属層に覆われた被覆ガラスファイバーの先端部に位置する開口部を有したプローブ装置についての記述がある。この開口部分は、ファイバーと同軸の位置でファイバー先端部の金属層に穴を開けたものである。先端部分の(中間)近傍は、斜めに傾斜した(先端を切り取られた円錐形の)側壁部分を有した立方体のガラスファイバー部分から構成されている。それにより、この側壁部分はどのような種類の円柱をも形成しない。それゆえ、プローブ装置が荒い表面を横向きに走査するとき、サンプルポディ表面の実際の輪郭(実際の側壁)について所望される情報を決定するための計算には、プローブ側壁部分の傾斜輪郭について重要な詳細知識が必要である。一般的にこれらの計算は、急な跳び(垂直段差)があるサンプルポディ表面においては特に、要求されるサンプル表面輪郭の正確な度量衡学的決定をもたらさない。さらに、プローブ装置の製造は、特にファイバーと同軸に開口部の穴開けが必要であるため、複雑で高価である。

【0006】もう一つの例は、GeO₂添加コア光ファイバーの選択的化学エッチングによる、光子トンネル顕微鏡(PS TM)のナノメータサイズの先端直径を有するファイバープローブの製造に関するものである。ジャバンジャーナル応用物理31巻(1992年)、L1302ページからL1304ページに掲載されているTogara Pangaribuanによる「光子走査型トンネル顕微鏡のナノメータ先端直径のファイバープローブの再生技術」、等を参照方。ファイバーのGeO₂添加領域を選択的にエッチングすることにより、光ファイバーの末端面上に小円錐形の先細りチップを形成することが出来る。ファイバープローブの先端の円錐角はファイバーコアのドーピング率とエッチング溶液構成を変えることでコントロールする。ここでは円錐角20°、先

端直径10nmのファイバープローブが製造されている。円錐形の末端面を有するプローブのみがこの技術を用いて製造出来るので、側壁はどのような種類の円柱形をも形成しない。走査の間、プローブはアークの中で側壁から側壁へラスタされるという事実を結びつけても、このようなプローブの走査範囲は、比較的小さい幅の円錐形の先端が中央にある末端面の比較的大きな幅(直径)のために制限されがちである。つまり、所望の長い距離の走査を試みようとする、プローブの末端面の角はサンプル表面と望ましくない接触をおこしがちである。さらに、プローブされている表面が突然跳躍をする場合にはいつでも、先端の円錐形は測定精度に望ましくない限界を設けてしまう。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述した問題を解決するため、本発明のパターンリアクティブイオンエッチングを用いたファイバープローブ素子の製造方法は、(a)内部円柱コア部分(図2の18)と、外部被覆部分(10)とを有したファイバー部分を提供し、内部部分は、工程(e)に記載される光学的放射線を制限する導波特性を有しており、工程(f)に記載されるパターン化ホトレジスト層(42)を限定する工程と、(b)第一の所定時間の間、ファイバーの下部をエッチングすることにより、ファイバーより薄い下部円柱部分(14)が残留する工程と、(c)このファイバー部分より薄い下部円柱部分を切断することにより、切断末端面を有した切断された薄い下部円柱部分(16)が形成される工程と、(d)切断した末端面の少なくとも表面全体を保護ホトレジスト層(40)でコーティングする工程と、(e)光放射線をファイバーのコア部分に連結することにより、光放射線がコア部分に伝わり、切断末端面のファイバーコア部分を覆っている保護ホトレジスト層部分上に入射する工程と、(f)保護ホトレジスト層を現像することにより、ホトレジスト層が、切断末端面に位置したコア部分を覆うパターン化ホトレジストマスク層(42)となる工程と、(g)第二の所定時間の間、異方性を有するドライエッチングを切断末端面に行うことにより、切断した末端面に位置するコア部分の、少なくとも一部分の高さが変わらないうちに、切断末端面に近接する被覆部分素子の所定の高さ(h)分が取り除かれる工程と、(h)第三の所定時間の間、ファイバー部分の少なくとも切断した薄い下部のコア部分に基本的に等方性を有するエッチングを施すことにより、所定の最大幅を有した先端部分が、切断した薄い下部円柱部分に形成される工程とを有する手段を備えている。

【0008】

【作用】ここで使用した「異方性エッチング」という言葉は、エッチング率が放射方向と軸方向において等しくないエッチングのことであり、さらに詳しくは、軸方向におけるエッチング率と、放射方向におけるエッチング

率の比率が少なくとも約 3 0、望ましくは少なくとも約 5 0 であるような、エッチング率が放射方向よりも軸方向において高いエッチングのことである。

【 0 0 0 9 】また、ここで使用した「基本的に等方性を有するエッチング」という言葉は、軸方向と放射方向におけるエッチング率が相互に 1 0 パーセント以上異なる場合にあってはまる。さらに、ここで使用した「最大幅」という言葉は、最大直径に当たる。すなわち、ファイバーの円柱部分の断面に引くことの出来る最長線の長さであり、円柱軸に対して垂直をなしている断面の端から端の線である。円柱部分の場合、各断面のどのような方向においても幅 (= 直径) は、このように最大幅に等しい。

【 0 0 1 0 】本発明における先端コア部分を有したプローブ装置の形は、このように異方性エッチングにより形成され、ファイバーの切断には左右されない。異方性エッチングはホトレジストパターン技術に依存するものである。プローブが最終的に形成にされる前に、ファイバーの末端面部分は、このように等方性エッチングされることで減じられる。ファイバーの末端部分を減らすと、ファイバーがサンプル平面に対しノーマルでない時、サンプル表面と末端面との望ましくない接触を避けるのに役立つ。

【 0 0 1 1 】従ってこのプローブの製造方法は、ドーピングプロファイルや、被覆部分のエッチング率に関連するコア部分のエッチング率の差違にも関連しない。軸方向においてファイバーを異方性エッチングすることにより円柱先端部分を形成し、マスキング層の下に柱脚状の円柱 (又は近い形) 部分を形成する。先端コア部分の平らな末端面は、切断と反応イオン異方性エッチングを施す間のレジストか、又は金属の保護マスキングによって生じる。第二のウエット等方性エッチングを通して、下部はたとえその直径を (全方向) 減じても、その直円柱形を維持している。末端面上に形成された円錐形状や、突端のような構成は、直径が添加コア部分 (典型的に 3 μm から 5 μm) よりもかなり微少 (約 0. 1 μm) になる時、取り除かれる。

【 0 0 1 2 】

【実施例】図 1、図 2、図 3 に関し、光ファイバー部分 1 0 はコア部分 1 8 を有し、一般的に円対称形で、光ファイバーの従来の技術で知られているように、直径 D を有した円柱形である。この 1 0 の部分は、平らでかつこの円柱部分 1 0 の軸に垂直をなした末端面 1 1 を有している。ファイバー部分 1 0 の (すなわち被覆部分の) 直径 D (図 3) は、一般的に約 1 2 5 μm 以上である。コア部分 1 8 の直径 d c は、典型的に約 3 μm から 5 μm の範囲である。しかし、約 1 μm から 5 0 μm の範囲であっても構わない。ファイバー部分 1 0 は、粘着テープのような接着剤で覆われた適材の薄い層 3 1 によって、一般的にテフロン製であるホルダー 4 5 にしっかりと付

けられている。

【 0 0 1 3 】ファイバー部分 1 0 は、基本的にウエット等方性エッチング溶液 2 0 に浸されている (図 3、図 4)。この溶液は一般的に、(7 : 1) 緩衝酸化膜エッチング溶液 2 部、フッ化水素酸 1 部、酢酸 1 部、H₂O 1 部から構成されているような緩衝酸化膜エッチング溶液である。この酢酸と H₂O の化合物はエッチング中、ファイバー表面上の不要残余物を溶解するのを助ける。

【 0 0 1 4 】エッチング溶液 2 0 は容器 3 0 のなかに入れられており、ファイバー部分とどこかで交わる高さ 2 2 まで満たされている。これにより、溶液 2 0 に浸されているファイバー部分 1 0 の下部のその全体表面は、等方性エッチングが成される。

【 0 0 1 5 】このようにファイバー部分 1 0 は所定時間浸された後、図 4 に示すような形となる。すなわち、円柱形で比較的厚みのある上部 1 0 が、先細り円柱形の中間部分 1 2 に続き、直径 2 r であるもう一つの直円柱形で比較的細い最下部分 1 4 で終る形となる。

【 0 0 1 6 】例えば、図 3、図 4 に示したエッチング溶液 2 0 に浸っているファイバー部分 1 0 の下部 1 4 の高さ (長さ) H は、一般的に約 2. 5 cm である。溶液 2 0 でエッチングされた後、細い下部 1 4 は直径 2 r (図 4) となり、これは一般的に約 3 0 μm であるが、浸される継続時間により判断される。ここで使用している「約」という言葉は、数字を示唆するような言い方で、通常通りの意味で用いられている。

【 0 0 1 7 】次に、光学器械による観測や、他のミクロメータをコントロールする方法を授用したファイバー切断器でこの下部 1 4 の底面を、上部 1 0 と下部 1 4 の共通軸に対して垂直をなす平面に切断する。このようにして、下部円柱部分 1 6 は h の長さに減じられ、そしてその末端面は共通軸に垂直をなす平面である。この長さ h は、典型的に約 0. 0 5 μm から 5 0 μm の範囲で、望ましくは約 1 μm から 3 0 μm の範囲である。

【 0 0 1 8 】ファイバー部分の底面はネガティブか、ポジティブのどちらかのホトレジスト層 4 0 で覆われている (図 6)。このとき、底面に生じた発光コア部分でホトレジストを感光するため、紫外線光をファイバーの頂点にあてる。ネガティブホトレジストの場合、現像後、ホトレジストの円形マスキング層 4 2 がコア部分に残る (図 7)。

【 0 0 1 9 】ホトレジストがポジティブ (図示せず) であった場合、ホトレジストの開口部 (隙間部分) が、現像後、光によってコア部分に形成される。この場合、周知のリフトオフ方法によってコア末端面の切断部分に、金属のマスキング層が形成される。

【 0 0 2 0 】次に、プラズマ 5 2 で異方性エッチングを行うため、ファイバー部分を反応イオンエッチングチャンバーに置く (図 8)。ファイバーを軸方向でのみエッチングするため、一般的にプラズマ 5 2 は、約 2 5 0 W

のパワーで、CF4ガス圧約2.5mT (= 3.3パスカル) で得られる。他のフッ化物ベースのプラズマもファイバー部分のエッチングに使用できる。軸方向におけるエッチングはネガティブホトレジスト42に保護されているか、又は金属層により保護されている(図示せず)コアを除いた、末端面全体16上に行われる。プラズマによる所定時間の異方性エッチングの後、高さ(長さ)dと、直径dcを有するコア18の円柱部分が、ホトレジストや金属層の下部分に残る。このようにして、ファイバー部分10の底に生じた土台部分19の長さdを、極微の精度でコントロールすることが出来る。このようにエッチングされたプローブの長さd(すなわち、そのアスペクト比)のコントロールが可能になることで、プローブ素子としてファイバー(図9)が動作している間は、測定される表面を走査し、像を造るときに、所望の安定性をプローブに提供することが可能となる。

【0021】次に、再度ファイバーを(基本的に)等方性を有するエッチング溶液20に浸す。一般的にエッチング溶液20の高さ位置72は、(必ずしもそうである必要はないが)先細り部分12の頂点より高い位置にある。ファイバーの先端部分である円柱最下部分62の幅が所望の最終先端幅(直径)wになるまで、基本的に等方性エッチングが続けられる。なぜならば、エッチングが等方性であるため、ファイバーが浸されている部分全体の長さdを含んだ形は変わらないままなので、円柱最下部分62は、直円柱形を保ち続けるからである。同時にファイバーに生じた円柱中間部分64と60の直径も減じられる。レベル72の位置でエッチング溶液20のメニスカスは、図9に示すように、溶液の高さレベル72のすぐ上とすぐ下との間のファイバー部分に非常に緩やかでほとんど目立つことのない先細りの移行部分を生じる。

【0022】先端部分62の幅wは、約0.01μmから10μmの範囲である。ホトレジスト層40を過剰に照射することで、マスキング層42の幅をコア部分18の幅dcよりも大きくすることが出来る。このように、先端62の幅wを、コア部分18の幅よりも大きくすることが出来る。しかしながら、一般的に、先端62の幅wは、一般的に約0.05μmから0.5μmの範囲であり、望ましくは0.05μmから0.2μmの範囲である。結局その範囲は、サンプル表面を測定する時にプローブに要求される度量衡学的使用法によって異なる。すなわち、プローブ素子として連続して使われる間、ファイバーでなされる測定に要求される度量衡学的解像度によって異なる。チップ部分62の長さdは、一般的に約0.01μmから10μmの範囲であり、望ましくは0.1μmから5μmの範囲である。

【0023】エッチング溶液20の高さレベル72(図9)が先細り中間部分12の頂点よりも下になる場合は、単純に中間部分60がなくなるだけである。エッチ

ングの初期段階の間(図9)、マスキング層42は自らはがれ落ちてしまうか、又は図9のように溶液に浸す前に、適した溶剤の中で溶かして取り除くことが出来る。

【0024】大直径プローブの場合、末端面の形状形成は切断工程(図5)により妨げられる。なぜならば、ファイバーの異なる半径範囲部分に対するエッチング量(深さ)において顕著なバリエーションを軸方向につくるに十分なエッチングがなされず、そのためコアの形成を妨げるからである。万一、軸方向に十分なエッチングが求められるならば、コア部分における均一半径のドーピング外形を有するファイバーを用いることで、又はエッチング溶液の構成を調節することで、又はこの両方によって平らな末端面を作ることが出来る。

【0025】NSOM素子として使用する場合、62と64の側面部分は都合よくクロム等の金属層のような光学的反射層で覆われているか、又は、従来の技術で知られているようにファイバー部分10がコア部分を有しているか(それゆえNSOMの使用中に、被覆部分が光放射線を反射する)、又は両方である。

【0026】ファイバー部分10の断面の形はガラスボディをカットすることで出来る長円形や長方形や正方形のような、円形以外の形である。このような場合、各々の円柱部分の断面は、互いに異なる最大幅と最小幅を有する。

【0027】切断(図5)の前に、ファイバーをエッチング溶液20(図4)の中で垂直距離eまで上方に持ち上げ、その最下部分に同所定継続時間の間、さらなるエッチングを行うことが出来る。このようにして、所定の長さeを有した円柱中間部分(図示せず)が、ファイバー部分に形成される。一般的に、このeの長さは、約4μmから2000μmの範囲であり、望ましくは50μmから500μmの範囲である。このような場合、切断で決定される最下円柱部分16の高さは、一般的に約5μmから2100μmの範囲であり、望ましくは約55μmから550μmの範囲である。先端62の幅wはこのとき上記と同様に作られる。

【0028】本発明は一実施例を用いて詳細に開示されたけれども、発明の範囲から離れることなしに様々な修正が成されうる。例えば、図1、図2で示したようにファイバー部分10をホルダー45に付けて組み合わせるかわりに、ファイバー上部側面を保護ポリマー抵抗層で覆い、一方でファイバーのトップ(水平)面を、接着材料でホルダー45に付けることも可能である。このようにしてファイバー部分を初めてエッチング溶液に浸した際(図3)、輪郭の鋭利なメニスカスが出来、保護レジスト層はエッチングに対する抵抗力を有したままである。そして、ホトレジスト層40(図6)が形成される前に、少なくともさらなるエッチングを必要とする側面部分から、保護レジスト層が取り除かれる。

【0029】また、光ファイバーのかわりに、上記のよ

10

20

30

40

50

うにエッチングが出来、切断して平らな末端面を作ることが出来、光放射線に対するホトレジスト層 4 0 の露光パターンを十分確定する伝搬光放射線を制限する波導特性を有するような円柱内部（中心部分）を備えた素材であれば、ファイバー 1 0 の素材になりうる。

【0030】探索されたサンプル表面の画像アンダーカットに関し、プローブの先端に凹形側面が要求される場合、ホトレジストや、金属層をアンダーカットするため、約 1 0 0 mT（13パスカル）の高プラズマ圧力が使われる。このように、垂直エッチング率は、放射方向におけるよりも、軸方向における方が高い。

【0031】図 3 から図 4 と、図 9 で示される二種類のエッチング方法は、化学的に、又は物理的に違ったものとなり得る。（例えば、図 3 から図 4 がウエットエッチングで図 9 がドライエッチングであったり、図 3 から図 4 がドライエッチングで図 9 がウエットエッチングであったり、双方ともドライエッチングであったり、製造スピードをいくらか犠牲にするが、可能である。）ウエットエッチングのいずれか、又は全てが超音波振動によって促進される。図 3 から図 4 と、図 9 で示されているエッチングの双方とも、必ずしもそうである必要はないが、基本的に等方性エッチングが望ましい。

【0032】さらに、最初のウエットエッチング（図 3）の間、ファイバー部分 1 0 を上方に持ち上げ、円柱中間部分 6 4 と先端部分 6 2 の間に位置した最終プローブ（図 9）に、余分の円柱中間部分を採り入れるため、もう一度所定時間の間エッチングを行うことが出来る。これは係属特許出願中のマーチマン 3 に非常に詳しく記述されている。この余分な中間部分は、ファイバープローブが動作中、これの機械的共振特性を調整する目的に役立つ。（すなわち、サンプル表面を横切って横向きに動かされるときに。）このような場合、余分な中間部分の垂直の長さは、一般的に約 4 μ m から 2, 0 0 0 μ m の範囲であり、望ましくは約 5 0 μ m から 5 0 0 μ m の範囲である。この余分な中間部分が形成される以前の長さ h（図 5）は一般的に 5 μ m から 2, 1 0 0 μ m であり、望ましくは約 5 5 μ m から 5 5 0 μ m である。そして、先端部分 6 2（図 9）の長さ d は、このような余分な中間部分が形成されていない場合と同じである。このようにしてポリマーレジスト層の底は、長さ h を限定するのに用いられる。しかしながらこの場合、ポリマーレジスト層は、余分な円柱中間部分が形成される前に（もし形成されたとすれば）、少なくともエッチング溶液と接触する部分においては、好都合にも取り除かれる。

【0033】上記の製造技術は、バッチ製造において実行できる。なぜなら、プローブの先端部分の高さ（長さ）は、手動切断やイオンビームミルのような技術よりも、むしろドライ異方性エッチングとレジストパターンニングによって明確にされるからである。加えて、ファ

イバー部分 1 0 は NSOM の反対側の末端まで光を連結するため、又、サンプル表面を探索（プローブ）する剪断力技術のため、比較的長く作られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の具体的な実施例に従って製造される、垂直（直円柱）側面を有したプローブ装置の立体断面図である。分かりやすくするため、尺度や具体的数字の記述はしていない。

【図 2】図 1 において示されている断面 2-2 における水平断面図である。分かりやすくするため、尺度や具体的数字の記述はしていない。

【図 3】本発明の具体的な実施例に従って製造される、垂直（直円柱）側面を有したプローブ装置の立体断面図である。分かりやすくするため、尺度や具体的数字の記述はしていない。

【図 4】本発明の具体的な実施例に従って製造される、垂直（直円柱）側面を有したプローブ装置の立体断面図である。分かりやすくするため、尺度や具体的数字の記述はしていない。

【図 5】本発明の具体的な実施例に従って製造される、垂直（直円柱）側面を有したプローブ装置の立体断面図である。分かりやすくするため、尺度や具体的数字の記述はしていない。

【図 6】本発明の具体的な実施例に従って製造される、垂直（直円柱）側面を有したプローブ装置の立体断面図である。分かりやすくするため、尺度や具体的数字の記述はしていない。

【図 7】本発明の具体的な実施例に従って製造される、垂直（直円柱）側面を有したプローブ装置の立体断面図である。分かりやすくするため、尺度や具体的数字の記述はしていない。

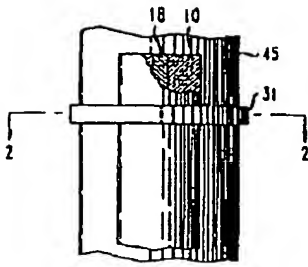
【図 8】本発明の具体的な実施例に従って製造される、垂直（直円柱）側面を有したプローブ装置の立体断面図である。分かりやすくするため、尺度や具体的数字の記述はしていない。

【図 9】本発明の具体的な実施例に従って製造される、垂直（直円柱）側面を有したプローブ装置の立体断面図である。分かりやすくするため、尺度や具体的数字の記述はしていない。

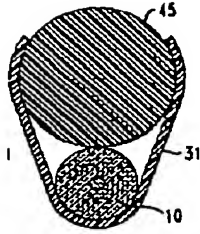
【符号の説明】

- 1 0 ファイバー外部被服部分
- 1 8 ファイバーコア
- 1 9 ファイバー柱脚部分
- 2 0 エッチング溶液
- 4 0 ホトレジスト層
- 4 2 マスキング層
- 4 5 ホルダー
- 5 2 プラズマ

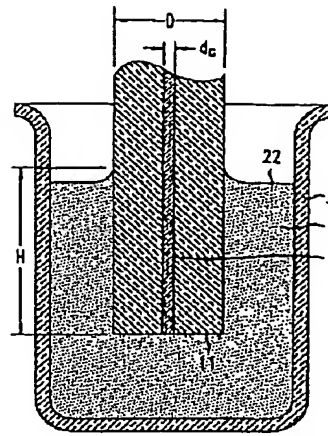
【 図 1 】



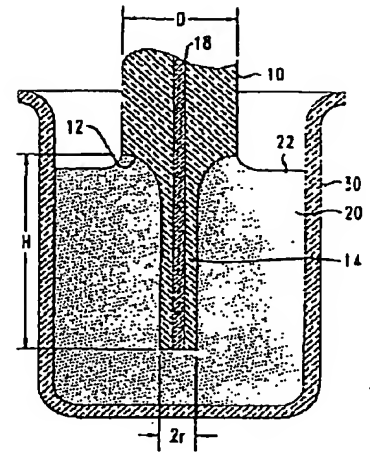
【 図 2 】



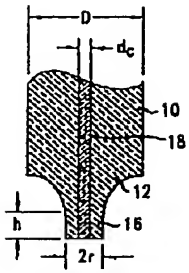
【 図 3 】



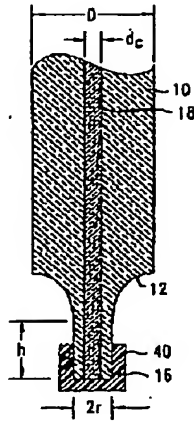
【 図 4 】



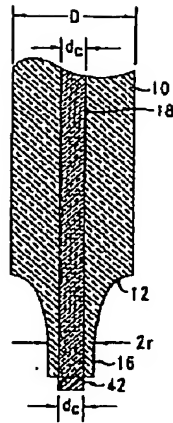
【 図 5 】



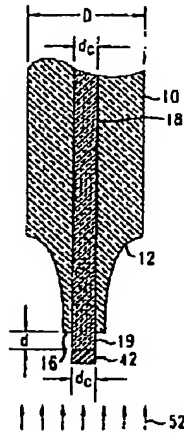
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

